

Arquitectura de Computadores

Problemas (hoja 1). Curso 2020-21

1. Ejecutamos los programas P1 y P2 en los computadores A, B y C y cronometramos los tiempos de ejecución, para evaluar las prestaciones. Las medidas anotadas son:

Programa	Computador A	Computador B	Computador C
P1	1	10	20
P2	1000	100	20

Se pide:

- Hacer las seis comparaciones posibles entre los tres computadores cuando ejecutan P1 o P2, de la manera "X es N veces más rápido que Y ejecutando el programa P"
- Hacer las tres comparaciones globales posibles para los tres computadores, utilizando la media aritmética de los tiempos de ejecución normalizados al computador A (el tiempo de ejecución en A se toma como la unidad). Repetir usando los tiempos de ejecución normalizados al computador C.
- Hacer las tres comparaciones globales posibles para los tres computadores, utilizando la media geométrica de los tiempos de ejecución normalizados al computador A. Repetir usando los tiempos de ejecución normalizados al computador C.

2. En un computador con un procesador a 1600 MHz se compila y ejecuta el programa *P* que realiza 200000 operaciones en coma flotante. Existen dos versiones del procesador: una simple (Ent) sin hw de punto flotante y otra (HWPf) que sí incluye hw de punto flotante. El compilador traduce las operaciones de punto flotante en instrucciones de PF, o en rutinas con instrucciones de enteros, según las opciones de compilación indicadas. Variando estas opciones, se ha compilado *P* dos veces, generando dos códigos ejecutables: *Phwpf* (código para el procesador con hw de punto flotante) y *Pent* (código para el procesador sin hw de punto flotante). Se han ejecutado los dos programas en los respectivos procesadores y se han obtenido las siguientes medidas:

Programa	Procesador	Tiempo de ejecución	CPI medio medido
<i>Phwpf</i>	HWPf	0,01 segundos	10 CPI
<i>Pent</i>	Ent	0,12 segundos	6 CPI

Se pide:

- Los *MIPS* de las ejecuciones.
- El número total de instrucciones ejecutadas en cada caso.
- El número medio de instrucciones de enteros que sustituye cada operación en coma flotante en *Pent*.
- Los *MFLOPS* obtenidos en la ejecución de *Phwpf*.

3. Se pretende comparar dos computadores utilizando cierto programa. Las velocidades que alcanzan son de 100 y 150 MIPS, respectivamente. Indica, si tienes suficientes datos, cuál de los dos es el mejor:

- Si los dos computadores tienen la misma arquitectura del juego de instrucciones, pero distinta frecuencia de reloj.
- Si los dos computadores tienen la misma arquitectura del juego de instrucciones y frecuencia de reloj.
- Si los dos computadores tienen distinto juego de instrucciones y la misma frecuencia de reloj.

4. En cierta CPU, todas las instrucciones enteras se ejecutan en un ciclo de reloj, mientras que las de coma flotante necesitan 5 ciclos de reloj para completarse. La mayoría de los programas a ejecutar incluyen un 20 % de operaciones en coma flotante concentradas en la misma zona de código. Desde el punto de vista coste-prestaciones, ¿es interesante rediseñar la parte de punto

flotante del procesador para que sea 5 veces más rápida a costa de duplicar el coste total de la CPU? Justifica la respuesta.

5. El hw de punto flotante de un computador mejora en un factor de 5 el procesamiento de números en punto flotante. El tiempo de ejecución de cierto programa es de 1 minuto si se tiene hw de punto flotante, y de 2.5 minutos sin éste. Calcular el porcentaje del tiempo de ejecución que el programa está realizando operaciones en punto flotante si tiene que ejecutar dichas operaciones como llamadas a rutinas que implementan los cálculos en punto flotante mediante secuencias de operaciones enteras.

6. El creador de cierta aplicación de cálculo de estructuras decide mejorar su producto al advertir que la mayor parte del tiempo de ejecución de su programa se concentra en el procedimiento P. Modificando el código de P, consigue una nueva versión de dicho procedimiento que se ejecuta 10 veces más rápido que el original. A continuación monitoriza la ejecución de la aplicación mejorada y observa que P se está ejecutando durante un 50% del tiempo. Calcúlese:

- (a) Cuál ha sido la mejora global en tiempo de ejecución de la aplicación (speedup)
- (b) Qué fracción del tiempo de ejecución de la aplicación original transcurría en el procedimiento P.

7. Un computador valorado en 1200 € reparte su tiempo entre dos aplicaciones A1 y A2 (20% y 80% del tiempo, respectivamente). Por su parte, la aplicación A1 dedica un 10% de su tiempo a operaciones de E/S, un 20% a la ejecución de instrucciones en punto flotante y el resto a la ejecución de instrucciones enteras. La aplicación A2 dedica el 40% de su tiempo a operaciones E/S, y el resto a la ejecución de instrucciones enteras. Se plantea sustituir un elemento del subsistema E/S para mejorar en un 150% sus prestaciones, así como cambiar el hw de punto flotante por otro el doble de rápido. Desde el punto de vista de la relación coste/prestaciones, ¿cuánto pagarías por el conjunto de estas dos mejoras?

8. En cierto computador se plantea mejorar tres componentes del mismo que no se utilizan simultáneamente en el tiempo. Los factores de mejora son 5, 7 y 10, respectivamente. Los dos primeros componentes se usan durante el 20% y el 25% del tiempo, respectivamente. ¿Qué fracción del tiempo debe utilizarse el tercer componente para alcanzar una aceleración global de 5?

9. El propietario de un PC utiliza un conjunto de aplicaciones que trabajan bajo MS-Windows y se encuentra insatisfecho con la velocidad del entorno gráfico. Antes de tomar ninguna decisión, monitoriza el uso que el procesador hace de la controladora de vídeo, y descubre que el procesador ocupa el 20 % de su tiempo en acceder a la RAM de vídeo, y el 2 % en operaciones de entrada salida sobre los puertos de su controladora. En una tienda de ordenadores le proporcionan documentación sobre una nueva tarjeta controladora que asegura que con ella el procesador se ahorrará la mitad de accesos a la memoria de vídeo a costa de duplicar los accesos a los puertos. Si el PC costó 1000 euros y su propietario es partidario del análisis de coste/prestaciones, ¿cuánto dinero podría gastarse como máximo en sustituir la controladora sin degradar esta relación?

10. La compañía FILIPS, que fabrica equipos de sonido de altas prestaciones, dispone de un laboratorio de diseño de altavoces equipado con un computador, valorado en 1000 euros, y la aplicación PAM versión 1.0, valorada en 1000 euros. La estructura de esta aplicación es la siguiente:

```
Repeat
    Generar_modelo;
    Simular_comportamiento;
    Analizar_resultados;
Until false;
```

Los tres subprogramas hacen un uso intensivo de la aritmética en coma flotante. Se ha monitorizado el sistema y se ha medido, para cada subprograma, la fracción de tiempo en que se está ejecutando y la productividad del procesador.

Módulo	Fracción de tiempo	Mflops
Generar modelo	30%	80
Simular comportamiento	50%	100
Analizar resultados	20%	70

El laboratorio necesita aumentar la productividad, como mínimo, un 100% y dispone de 1500 euros de presupuesto. Existen los siguientes productos en el mercado:

- El acelerador DSPX (400 euros), que es un dispositivo acelerador *hardware* que ejecuta *Simular comportamiento* a 200 MFLOPS y puede ser utilizado por PAM 1.0. Durante la ejecución del subprograma, la aplicación queda esperando mientras DSPX realiza todos los cálculos.
- La actualización de PAM a la versión 2.0 (300 euros), que es capaz de solapar la ejecución de *Generar modelo* y *Analizar resultados* con la ejecución de *Simular comportamiento* sobre el acelerador DSPX. Sin DSPX se comporta exactamente igual que la versión 1.0.
- La licencia adicional (200 euros) para cualquiera de las dos versiones de la aplicación PAM, para que se ejecute en cualquier ordenador de las mismas prestaciones (y al mismo precio) que el actual. Con ello se pueden crear nuevos puestos de trabajo y repartir los datos a procesar.

Nótese que hay varias combinaciones de mejora posibles. Se pide:

- Decidir cuál es la inversión que maximiza la relación productividad/coste, siempre dentro de las restricciones.
- Calcular el número de operaciones de coma flotante ejecutadas (en una iteración del programa) para crear un modelo simulable sabiendo que la operación *Generar modelo* requiere 2.5 segundos.

11. Un computador tiene un CPI de 4 para las instrucciones de coma flotante, excepto la raíz cuadrada que tiene 20, y de 1.33 para el resto. Cierta *benchmark* tiene un 25 % de operaciones en coma flotante (sin incluir la raíz cuadrada) y un 2 % de raíces cuadradas. Con el propósito de mejorar las prestaciones del computador, el equipo de diseño maneja dos alternativas que suponen el mismo coste:

- Modificar la organización para aumentar la frecuencia de reloj en un 15 % a costa de aumentar a 23 los CPI de las instrucciones de raíz cuadrada.
 - Mejorar la organización del *hardware* que realiza las operaciones en coma flotante (sin incluir la raíz cuadrada) para reducir a 2 los CPI.
- ¿Qué opción es la más acertada?

12. Para ejecutar el programa P un procesador ejecuta 10^{12} instrucciones, invirtiendo un promedio de 2 ciclos de reloj por instrucción. El 10% de las instrucciones ejecutadas son de punto flotante. Sabiendo que los cálculos enteros han consumido el 80% del tiempo de ejecución, calcula los ciclos de reloj en promedio consumidos por cada instrucción de PF.